



Systemes de transmission

Conception d'une transmission série

FABRE Maxime – LEPOT Florian

A large, abstract geometric graphic at the bottom of the page, composed of several overlapping, semi-transparent blue and grey polyhedrons. The year '2012' is printed in a large, black, sans-serif font on the right side of this graphic.

2012

Introduction

La transmission de données désigne le transport de quelque sorte d'information que ce soit, d'un endroit à un autre, par un moyen physique. Plus précisément, chaque transmission que nous allons étudier, est représentée par des mots de 8 bits encadrés par un bit de start et un bit de stop. Chacune de ces transmissions doit obéir à un protocole particulier.

Objectifs

Ce projet consiste à réaliser et à étudier un système de transmission de données entre un modem et un terminal. Pour cela, on testera 2 types de modulation : ASK et FSK, afin d'en dégager les particularités, limites et différences.

Sommaire

Etude théorique.....	3
Signal ASK	3
Signal FSK.....	3
Fonctionnement d'une PLL.....	3
Puissance des signaux	4
Démodulation avec la détection quadratique.....	5
Comparaison de la démodulation ASK et FSK	5
Chronogramme et spectre d'un signal binaire modulé ASK.....	5
Détection du modulant de démodulation.....	6
Chronogramme et spectre d'un signal binaire modulé FSK	7
Détection du modulant	8
Fonction de démodulation	9
Démodulation P.L.L.....	10
Etude fréquentielle du V.C.O.....	10
Déphasage entre le VCO et le signal sinusoïdal.....	11
Boucle à verrouillage de phase.....	12
Traitement du bruit	13
Détection en présence de bruit	13
Puissance du signal canal	13
Limites de détection en présence de bruit.....	14

Etude théorique

Pour expliciter les différentes notions auxquelles nous allons faire appel durant tout ce projet, nous allons poser les bases afin de pouvoir pleinement comprendre et interpréter les résultats des différentes expériences que nous allons effectuer.

Signal ASK

Le but de l'ASK est de moduler un signal binaire, en amplitude. Pour mieux appréhender le projet, nous allons démontrer qu'associer un filtrage particulier à une détection quadratique permet la restitution du signal modulant.

Nous allons pour cela nous servir du schéma du principe de détection pour déduire la formule suivante :

$$y_{ask}(t)^2 = x(t)^2 \cos^2(2\pi f_p t) = x(t)^2 + \frac{1 + \cos(4\pi f_p t)}{2}$$

Par ailleurs, nous savons que le signal à moduler est binaire, donc seulement composé de 0 ou de 1. On peut donc poser que $x(t) = 0$ ou $x(t) = 1$, et donc que $x^2(t) = x(t)$.

Ainsi, on obtient l'expression suivante :

$$y_{ask}(t)^2 = x(t) * \frac{1 + \cos(4\pi f_p t)}{2} = \frac{x(t)}{2} + \frac{x(t) * \cos(4\pi f_p t)}{2}$$

On peut en conclure qu'il nous faudra un filtre passe-bas de fréquence de coupure égale à celle de la porteuse du signal.

Signal FSK

Pour le signal FSK, on remarque qu'après un filtrage passe-bande, le signal présente les mêmes caractéristiques qu'une modulation d'amplitude, et qu'il ressemble très fortement à celui obtenu par une modulation ASK.

On va donc utiliser un filtre passe bande de fréquence basse f_1 et de fréquence haute $2 * f_1$ pour isoler f_0 .

L'ordre de ce filtre doit être supérieur à 2 afin d'avoir une sélectivité plus importante.

Fonctionnement d'une PLL

Pour commencer, nous devons détecter le déphasage nécessaire au fonctionnement de la PLL. Pour cela, on s'aide du schéma pour déterminer le filtre nécessaire, et on utilise la formule suivante :

$$p(t) = y(t) * z(t)$$

On obtient alors :

$$p(t) = \sin(\omega_p t + \varphi) * \cos(\omega_p t + \varphi)$$

$$p(t) = \sin(2\omega_p t + \varphi) - \sin(\omega_p t + \varphi) \cos(\omega_p t + \varphi)$$

$$p(t) = \frac{1}{2} * (\sin(2\omega_p t + \varphi) + \cos(\varphi)) + \frac{1}{2} (-\sin(\omega_p t - \varphi))$$

$$p(t) = \frac{1}{2} * (\sin(2\omega_p t + \varphi) - \sin(\varphi))$$

Afin d'isoler le déphasage, on utilisera un filtre passe-bas de fréquence de coupure :

$$f_c = \varphi \text{ et } < 2\omega_p$$

Puissance des signaux

Pour pouvoir effectuer une comparaison correcte entre la puissance théorique d'un signal et sa puissance réelle, nous allons calculer la valeur théorique.

Pour cela, on sait que la puissance d'un signal correspond à la moyenne du signal élevé au carré.

On pose donc :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T A^2 \sin^2(\omega t) dt$$

Grâce à cette formule, on va calculer P_{FSK} :

$$P_{FSK} = \frac{1}{T} \int_0^T A^2 \sin^2(2\pi \omega t) dt$$

$$P_{FSK} = \frac{A^2}{T} \int_0^T \left(\frac{1}{2} \cos(4\pi \omega t) + \frac{1}{2} \right) dt$$

$$P_{FSK} = \frac{A^2}{T} \int_0^T \left(\frac{1}{2} \pi \omega \sin(2\pi \omega t) + \frac{1}{2} t \right) dt$$

$$P_{FSK} = \frac{A^2}{T} * \frac{1}{2} T = \frac{A^2}{2}$$

On peut également en déduire que

$$P_{ASK} = \frac{A^2}{4}$$

Démodulation avec la détection quadratique

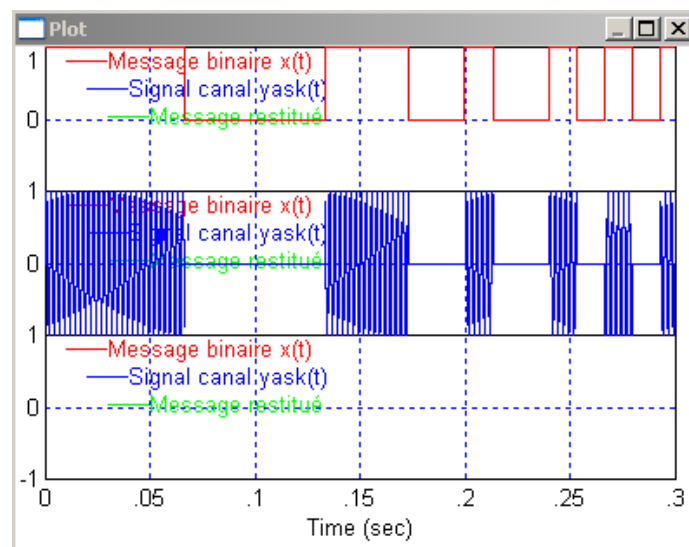
Comparaison de la démodulation ASK et FSK

Lors d'une transmission de données, le signal est transporté par une porteuse. On utilise la modulation d'amplitude ASK ou la modulation de fréquence FSK.

Pour une même transmission de donnée on va comparer les 2 démodulations au moyen d'une détection quadratique.

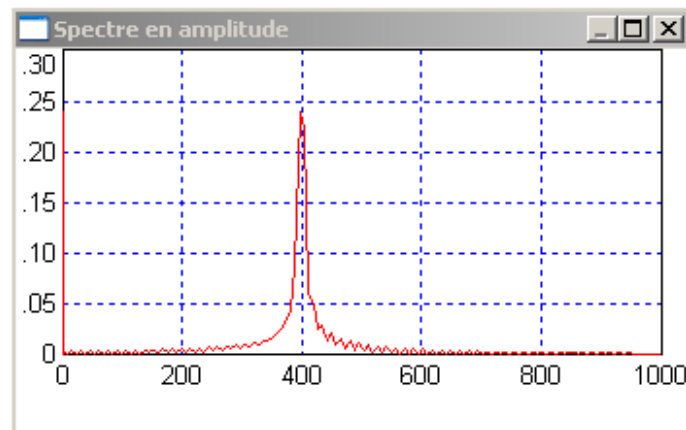
Chronogramme et spectre d'un signal binaire modulé ASK

Pour permettre la mise en place un chronogramme et un spectre du signal binaire modulé ASK, nous avons utilisé une source pseudo aléatoire d'une longueur de 10 bits, modulé avec une porteuse $f_p = 400$ Hz et un débit de 75 b/s.



1. Chronogramme du signal modulé ASK

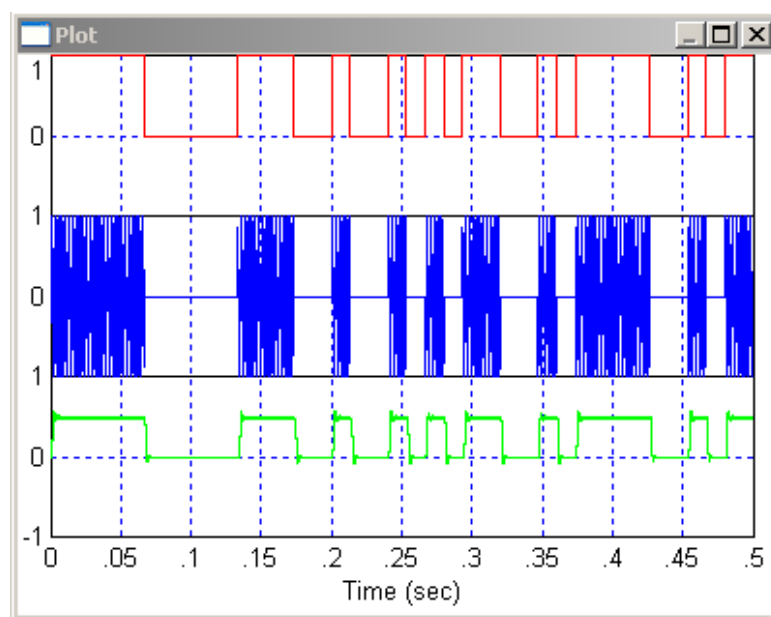
On remarque que lorsque le signal binaire est à 1, on obtient un signal modulé ayant une amplitude différente de 0, à l'inverse, lorsque le signal binaire est à 0, l'amplitude du signal modulé est nulle.



2. Spectre du signal modulé ASK

On voit que le signal après modulation se place sur la fréquence 400 Hz comme prévu.

Détection du modulant de démodulation



3. Signal modulant restitué

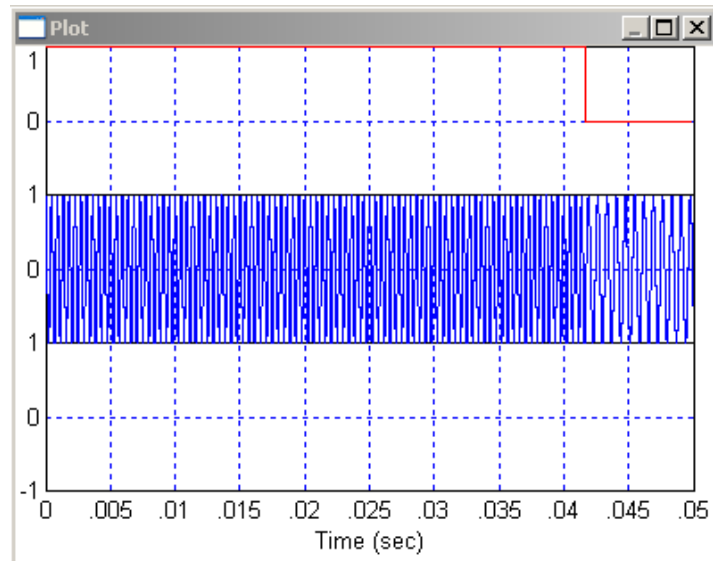
En passant le signal modulé dans un filtrage particulier associé à une détection quadratique restitue le signal modulant. En effet, en comparant ce signal avec le signal modulant, on obtient la même information. On a choisi une fréquence de coupure de 400 Hz comme celle de la porteuse.

Cependant l'amplitude n'est pas la même, on peut voir qu'elle est divisée par 2 par rapport au signal modulant et que le signal est mal optimisé.

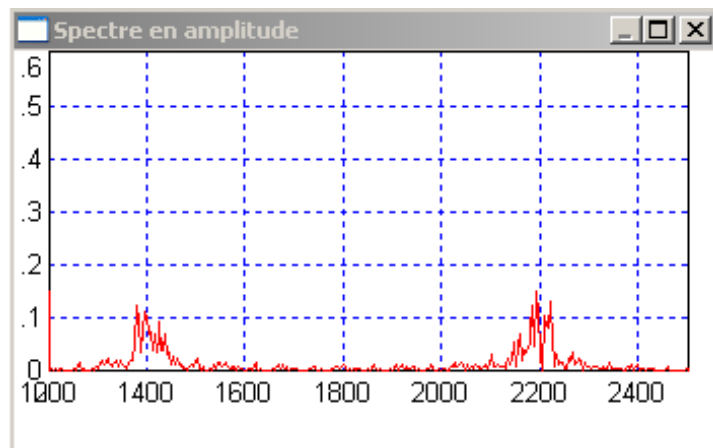
L'ordre du filtre est égal à 5 ce qui permet d'avoir une détection plus optimisée.

Le signal est correctement restitué, mais que la modulation ASK entraine une diminution de l'amplitude des raies qui est divisée par 2.

Chronogramme et spectre d'un signal binaire modulé FSK



4. Chronogramme du signal modulé FSK



5. Spectre du signal modulé FSK

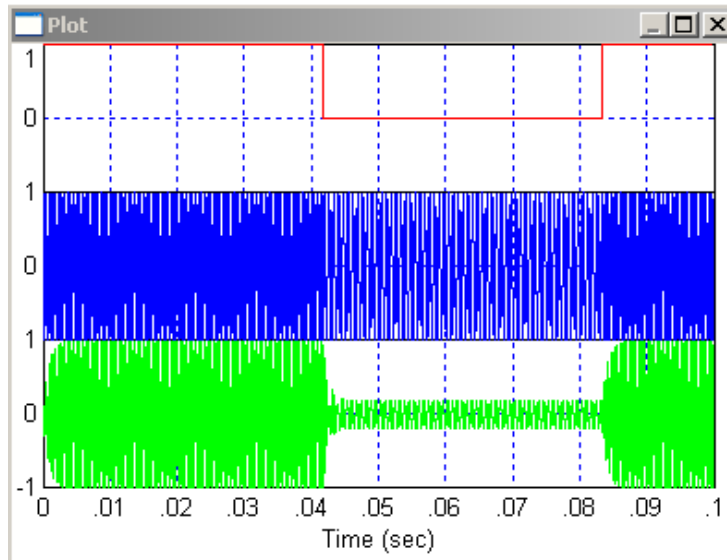
On voit bien que la fréquence est plus élevée (2200 Hz) lorsque le signal binaire est égal à 1, et moins élevée (1400 Hz) pour un signal binaire égal à 0.

On peut voir qu'il y a 2 bandes de fréquences pour lesquelles l'amplitude change de façon significative :

- **1400 Hz** : Qui est la fréquence basse pour coder le 0,
- **2200 Hz** : Qui est la fréquence haute pour coder le 1.

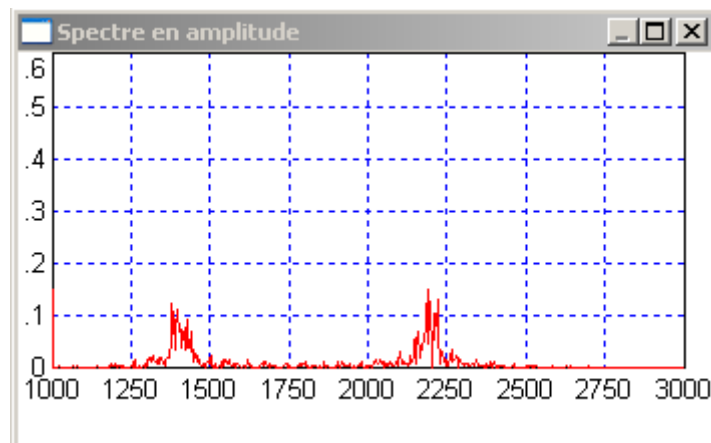
Détection du modulant

On choisit ces fréquences de coupure (2000 Hz et 2400 Hz) pour n'avoir que la raie centrée sur 2200 Hz.



6. Chronogramme du signal

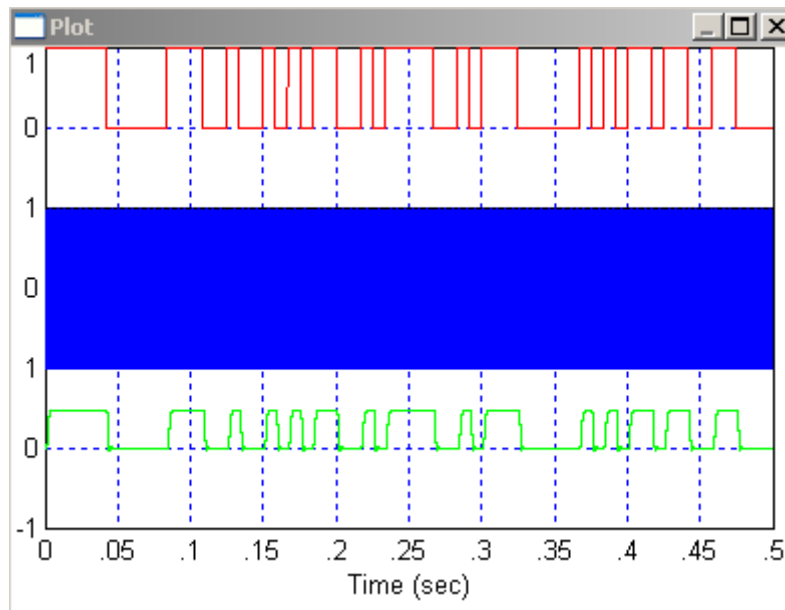
On observe qu'après que le signal modulé soit passé dans le filtre passe-bande, on repasse à un problème de démodulation d'amplitude. En effet, la dernière courbe change d'amplitude en fonction du signal binaire.



7. Spectre du signal

On remarque qu'on a deux raies à 1400 Hz et 2200 Hz qui correspondent aux fréquences de coupure établies dans le filtre passe-bande.

Fonction de démodulation



8. Chronogramme de la détection quadratique du modulant

Nous avons choisi cette fréquence car elle nous paraissait être la plus adaptée pour une démodulation optimale.

Nous avons également observé que si nous baissions trop fc , le signal démodulé était trop arrondi, et donc inutilisable, et au contraire, si l'on augmente trop fc , le signal devient une constante égale à 1.

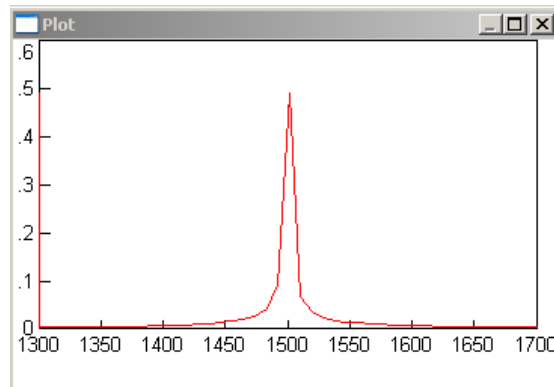
Suite à cela, nous avons étudié le cas où le débit réel était de 1200b/s. On y a alors observé que la détection quadratique ne se fait plus du tout car ce débit est trop élevé, de ce fait, la détection du signal n'est plus possible.

Le cas de ce débit trop élevé nous permet de visualiser la limite pour le signal FSK.

Démodulation P.L.L

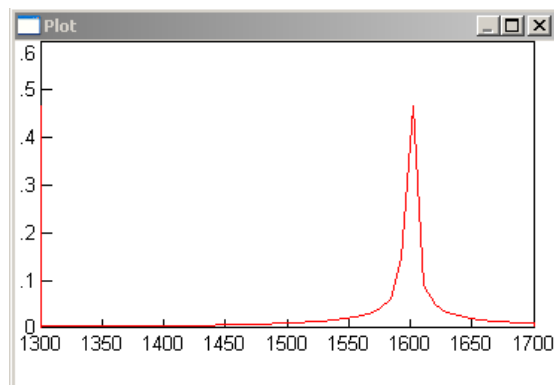
Etude fréquentielle du V.C.O.

Nous allons maintenant étudier le principe de la PLL (« Phase Locked Loop »), dont le but est de générer un signal dont la phase dépend du signal entrée, afin de démoduler notre signal FSK.



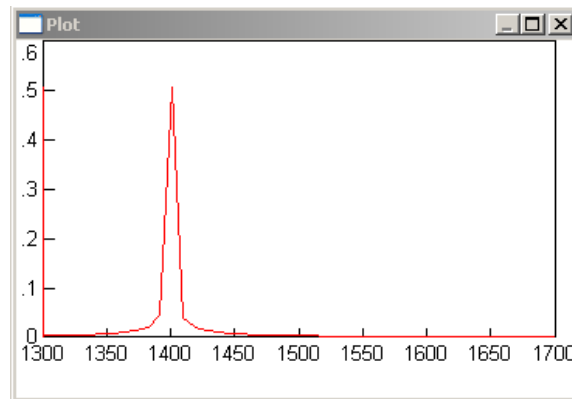
9. Spectre $\nu k = 0$

Dans le cas où $\nu k = 0$, on observe un pic à 1500 Hz.



10. Spectre $\nu k = 1$

Quand $\nu k = 1$, on observe un pic à 1600 Hz.

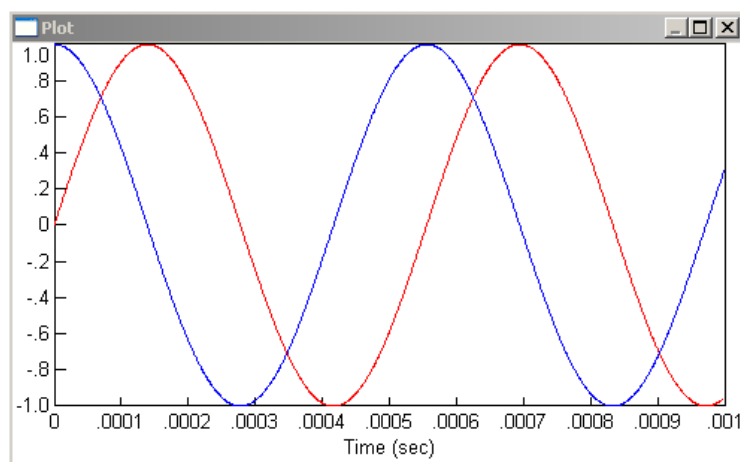


11. Spectre $\nu k = -1$

Et pour $\nu k = -1$, le pic est à 1400 Hz.

La fréquence centrale est définie à 1500 Hz, de plus on a donné un gain de 100 Hz / Volts. Si on change le voltage, en ajoutant 1 ou -1 V, les fréquences sont déplacées de 100 Hz. On a donc bien une échelle linéaire.

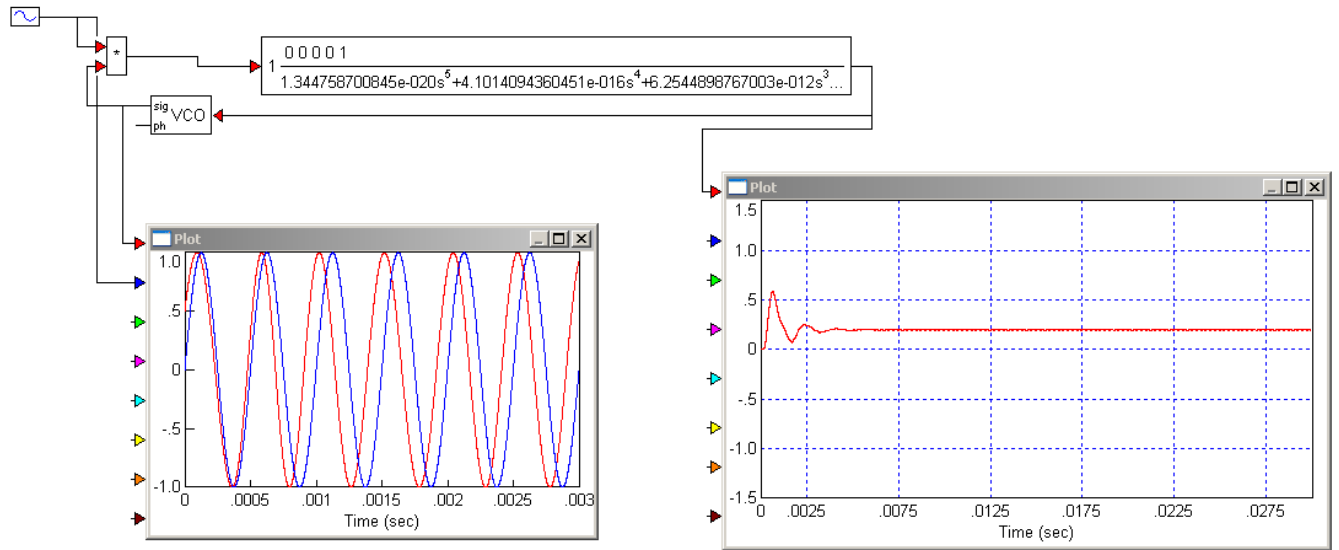
Déphasage entre le VCO et le signal sinusoïdal



$$\Delta t = 0.00014s \text{ et } T = 0.00055$$

$$\alpha = 2\pi * \frac{\Delta t}{T} = 2\pi * \frac{0.00014}{0.00055} = 1,6$$

Boucle à verrouillage de phase



$$V_k = f_{\text{entrée}} - \frac{f_{\text{vco}}}{\text{gain}}$$

V_k varie donc en fonction du signal composé de fréquences hautes et basses.

Traitement du bruit

Détection en présence de bruit

Dans toute transmission de données, le signal est souvent modulé avec du bruit. On cherchera donc à examiner les performances de liaison ASK et FSK en présence de bruit.

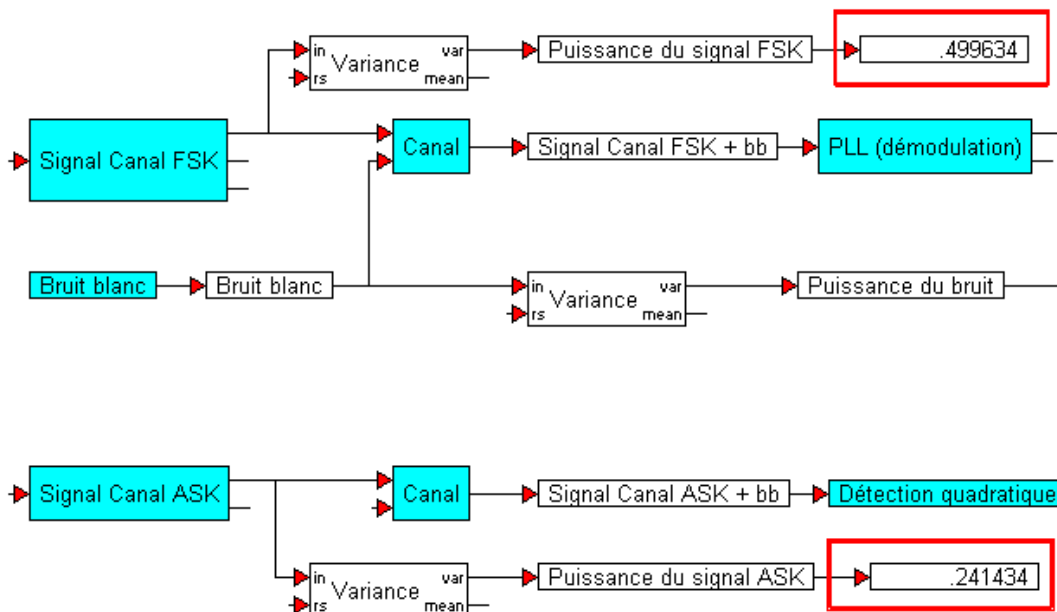
Pour cela, nous nous aiderons d'une modélisation d'une liaison bruitée, représentée par le schéma ci-dessous.

Puissance du signal canal

Comme on l'a vu précédemment :

$$P_{FSK} = \frac{A^2}{2} \quad \text{et} \quad P_{ASK} = \frac{A^2}{4}$$

On sait, par ailleurs, que notre amplitude A est égale à 1.



12. Circuit - Relevé des valeurs de la puissance

Sur le circuit on voit que :

- Pour le signal FSK : On trouve $P = 0.499634 = \frac{A}{2}$
- Pour le signal ASK : On trouve $P = 0.241434 = \frac{A}{4}$

Limites de détection en présence de bruit

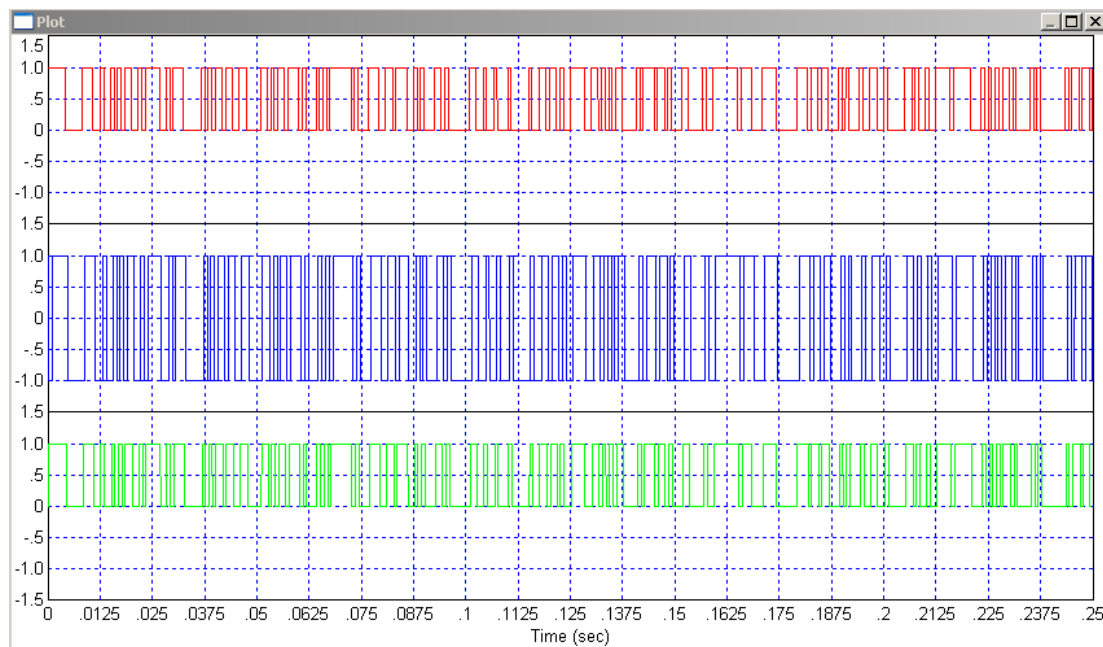
Pour obtenir des données à analyser pour déterminer les performances des liaisons en présence de bruit, on va faire varier la puissance du bruit et noter les résultats de l'expérience.

G (*10 ⁶)	FSK	ASK	P _B	RSB
1	OK	OK	2,4534 * 10 ⁻²	12,9406
2	OK	OK	9,8135 * 10 ⁻²	6,9200
4	OK	Moyen	0,3925	0,8994
5	OK	ØK	0,6133	-1,0387
10	ØK	ØK	2,4534	-7,0593
20	ØK	ØK	9,8135	-13,0799

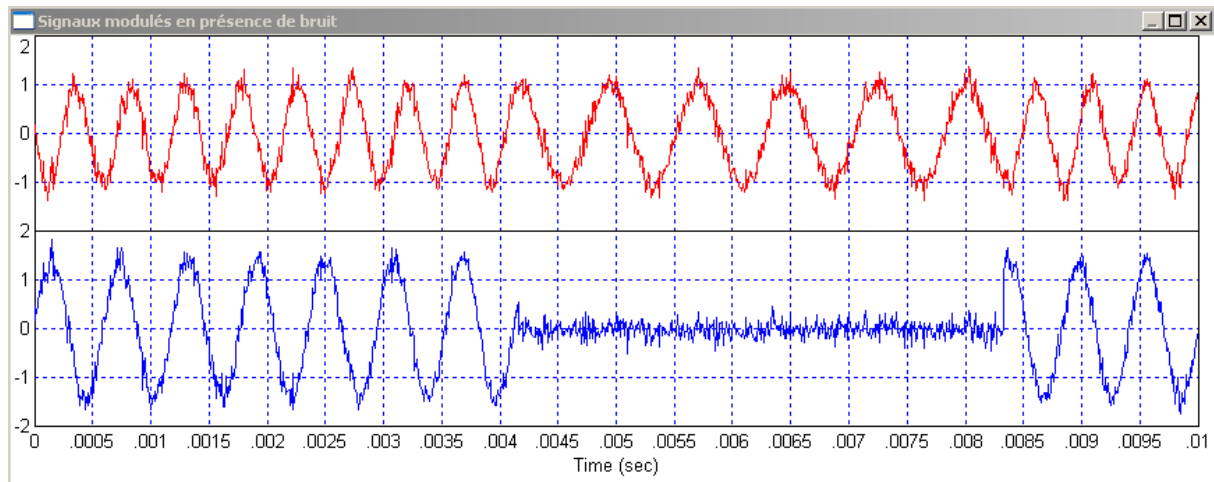
On peut observer que pour un signal FSK, la limite se situe pour $G = 10 * 10^6$ alors que pour le signal ASK, cette limite est à $G = 4 * 10^6$.

Pour les relevés suivants :

- Les signaux en rouge correspondent au signal de base
- Les signaux en bleu correspondent au signal FSK
- Les signaux en vert correspondent au signal ASK

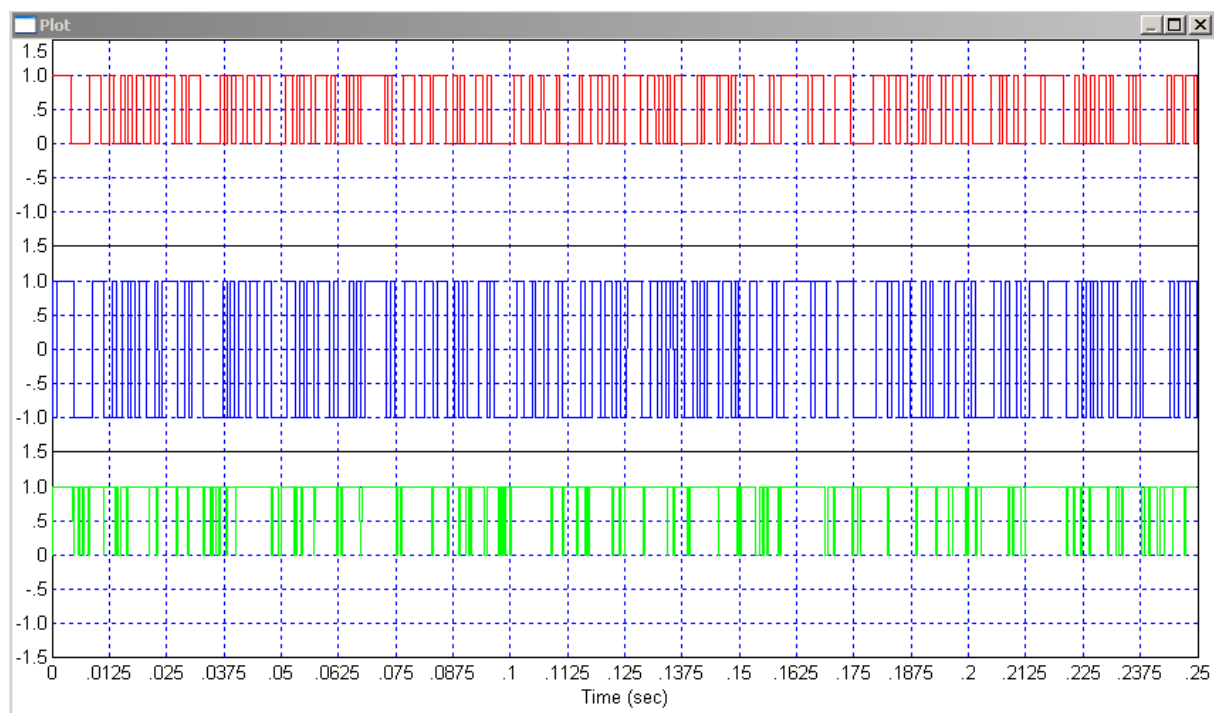


13. Signaux FSK et ASK pour $G = 1 * 10^6$

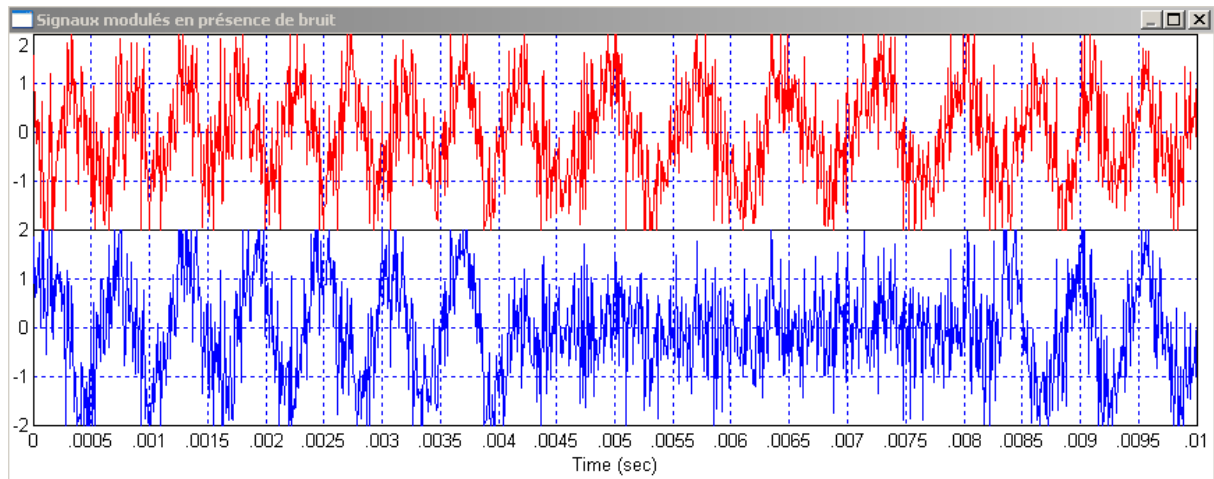


14. Signaux FSK et ASK pour $G = 1 \cdot 10^6$

Sur ces relevés, on peut voir que le signal FSK comme le signal ASK a bien été restitué et est presque identique au signal de base, malgré le bruit.



15. Signaux FSK et ASK, pour $G = 5 \cdot 10^6$



16. Signaux FSK et ASK, pour $G = 5 \cdot 10^6$

Pour les relevés ci-dessus, on peut voir que le signal FSK a bien été restitué malgré le bruit, alors que le signal ASK ne correspond plus au signal de base.

Quand le RSB est négatif, cela signifie qu'on a atteint les limites de détection. En effet, on fait le rapport entre la puissance du signal et la puissance du bruit. Si ce rapport est inférieur à 1, on a une valeur du RSB négative, car $RSB = 10 \log * \frac{PS}{PB}$.

Conclusion

Grâce à ce projet, nous avons complété nos connaissances quant à la modulation ASK et FSK, ainsi qu'à la démodulation correspondante.

Nous les avons par ailleurs comparés afin de découvrir leur limite.